

# 統語的述語演算理論とその演算形態-並行言語場理論と言語テンソル-

著者	藤内 則光
雑誌名	長崎外大論叢
号	15
ページ	83-104
発行年	2011-12-30
URL	<a href="http://id.nii.ac.jp/1165/00000119/">http://id.nii.ac.jp/1165/00000119/</a>

# 統語的述語演算理論とその演算形態

## －並行言語場理論と言語テンソル－

藤内 則 光

### A Theory of Syntactic Predicational Operators and its Numerations － Parallel Linguistic Computational Field Theory and Linguistic Tensor －

FUJIUCHI Norimitsu

#### Abstract

The objective of this thesis is to illustrate the mechanism in which multiple aspects of a language are derived from the phase shift phenomena of three linguistic dimensions: phonetic, syntactic and semantic information. A Theory of Syntactic Predicational Operators and its Numerations is now equipped with a more sophisticated linguistic quantum theory that can better deal with semantic information and can describe linguistic generative procedures in more mathematical ways, together with the parallel linguistic computational theory and linguistic tensor description.

#### 1. はじめに

藤内(2006)の統語的述語演算理論を端緒に、藤内(2009)で接続詞の構造決定のために導入され、藤内(2010)で改定された言語量子理論は、言語の演算の場とそこで演算される客体を、次元を持つ構造体として、それぞれ言語場、言語量子として考えている。本稿では藤内(2010)の解説とともにその理論を更に推し進め、言語場と言語量子の性質を詳しく見ていくものである。

#### 2. 物理学的言語学

##### 2.1. 言語における次元

物体が存在する場は、物の定義に三つの次元が必要な3次元空間である。例えば物の大きさを定義するには縦寸、横寸、幅を計測する必要がある、その数値はそれぞれ入れ替えることが可能である。地球上での物体の位置も、緯度と経度と海拔高度で定義が出来る。重要なのは、より詳しく定義するために情報を付け加える事は出来ても、三つ以下の情報では定義が完了しないことである。

幾何学は、点としての存在を0次元、点と点を結んだ線分としての存在を1次元、線分を組み合わせた面としての存在を2次元として定義しており、0次元では存在の有無、1次元では長さのみ、2次元では二辺の乗算によって面積を求めることが出来る。しかしながら、これらの存在は実際の3次元では抽象化された存在でなければならず、実際には面積ゼロの点、幅ゼロの線分、厚さゼロの面は存在しない。3次元空間では全ての物体は3次元的事象でなければならず、それ以下の次元は抽象化する形でしか存在できない。

言語は、人間の内省でもあることから、これまで物理的な次元を持つ実体であるとは考えられてこなかった。ところで言語は、その最小単位である単音から、複雑な構造までを取ることが既に知られている。それらの複雑な構造は、分節音素と超分節音素の組み合わせさった音の構造、理論言語学が解

明している統語構造、そして解析が未だに困難な様々な意味の構造があるが、それらは共通する特徴が全くないため、これまで相互関連性を記述する規則が仮定されたことはあったが、統合が図られたことはなかった。統語的述語演算理論は、それらの統合が不可能ではないと考えている。

多次元空間にとって次元とは、何かの事象を定義するのに最低限必要な因数の事であり、それらは3次元空間なら別に数が三つであれば、必ずしも縦寸、横寸、幅の計測値である必要はない。もし文を構成する要素が、統語的特徴、音声的特徴、意味的特徴によって定義可能であれば、それらは文の構成素のそれぞれの次元と考えることが出来る。また、それぞれの次元と考えることが出来るのであれば、その次元の数が三つであることは決して偶然ではない。言語が現実世界の事象である以上、言語も形而上学的なものではなく、物理的な3次元実体である。

しかしながら、縦寸 a、横寸 b、幅 c の計測値は、それぞれ入れ替える事が可能である、つまり  $abc=acb=bac=bca=cab=cba$  であるが、音声的特徴 x、統語的特徴 y、意味的特徴 z は  $xyz=xzy=yxz=yzx=zyx=zyx$  であることを証明することは出来ない。統語の次元の情報は音声や意味の次元の情報の換わりにはならないので、それぞれの次元は非可換であると言える。つまり、言語の3次元実体としての幾何学は、通常の幾何学とは性質が異なるものである。

そのため、言語を記述する場を規定する幾何学では、原点から最初の述語演算子の位置までを実軸の1、最初の述語演算子の位置から最初の項の派生位置までを虚軸の1と定めているが、それらは同じ1であっても実数と虚数の違いがあるので入れ替えることは出来ない。また、それぞれの軸で1だけ移動する演算であっても、実際の導関数上での移動距離は1ではなく $\sqrt{2}$ であるが、値が異なるそれらの距離も、移動距離の基準として扱われるのであれば、同値であるのと変わらない。

## 2.2. 次元の相転移

同じ言語学的な次元であっても、音声的特徴、統語的特徴、意味的特徴は余りに異なった性質を持つため、そのままでは統一が不可能である。そのため、それらの情報の有無を抽象化して、次元の位相を相転移させる。相転移とは、ある事象を、性質を保ちながら異なる様態に変化させることで、文の構成素を、それぞれ独立した音声的特徴、統語的特徴、意味的特徴をそれぞれ持つ語から、不可分な音声的次元、統語的次元、意味的次元を持つ3次元的事象に変換することが出来る。これは、語は音声的特徴、統語的特徴、意味的特徴を持つという考え方から、音声的次元、統語的次元、意味的次元によって定義されるものが構成素である、という考え方に転換することを意味する。

物体の縦寸、横寸、幅は、それぞれ抽出出来る。音声的特徴、統語的特徴、意味的特徴もまた同様である。抽出出来るからこそ、これまで完全に独立した特徴として考えられ、統合が試みられなかったのである。しかしながら、実際に計測でき、向きを変えればそれぞれ交換が可能な物体の縦寸、横寸、幅とは異なり、音声的次元、統語的次元、意味的次元は実際には計測値を求めることが出来ないため、各々の次元の情報の集合を以て次元が観測出来る証拠とする。このようにして定義された構成素は、各次元の情報の有無と量によって定義されているので、言語量子と呼ばれる。言語化される以前の原始的発想は、この相転移を経ることで概念に変換される。この相転移によって、原始的発話意図は論理的な命題構造に変換され、命題構造は演算素性を媒介する中間子に相転移する。命題を構成する各量子は、固有の演算素性と共起することで、どの命題構造を媒介するか決定される。

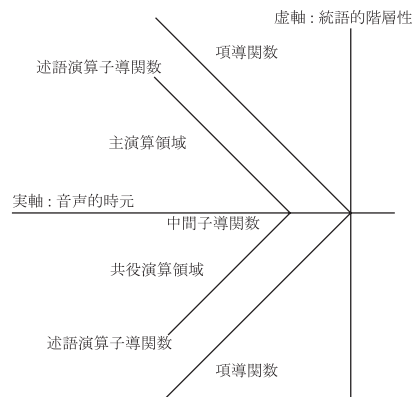
### 2.3. 言語場

相転移するのは次元に限らない。言語化される以前の原始的発想が存在する場を、言語化された概念を演算出来る場に変換するのもまた相転移である。この相転移によって生じる言語演算処理機構が、言語場である。言語場では、構成素の音声的特徴、統語的特徴、意味的特徴はそれぞれ音声的次元、統語的次元、意味的次元に相転移しており、構成素は量子として振る舞う。相転移によって、量子や言語場は前の状態との連続性を失う。相転移前の様子を取り戻すことや、再度相転移が起こって出来上がる別の状態を推測することは出来ない。

言語学的な次元は、それぞれ性質が全く異なるため、それぞれ演算方法が異なっている。音声的特徴は、実際に物理的に観測出来る唯一の次元で、物理的な時間によって分節出来る。そのため、ちょうど3次元空間が時間と統合されて4次元時空を形成するように、音声的次元は物理的な時間の次元と統合され、発話時間を表す音声的時元と定義出来る。

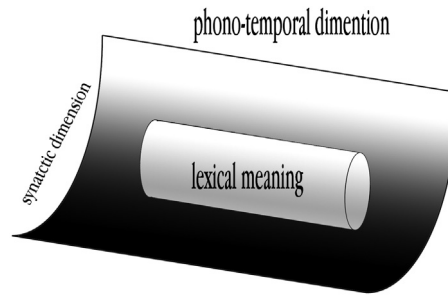
もう一つ別の言語学的な次元である統語的次元は、物理的な音の羅列として観測される連続体のうち、構成素として認識したものの構造を抽象的に構築することで、その存在を証明出来る。明示的に記述出来る構造であるならば、発声前や発声を伴わない言語的事象にもそれらの構造があると考えられる。従って、統語的述語演算理論は言語場に、虚数で記述される虚軸を、文末からの距離を表す二つ目の軸として仮定している。実軸と虚軸の交点を原点と呼び、この点は量子が安定して配位できない特異点としての性質を持つ。

#### (1) 言語場概略



言語場は、統語的演算を行うことが前提の場であるので、音声的時元と統語的次元で表記でき、意味的次元は明示的な存在でなくとも良い。これは、言語場では統語情報が他の情報より優位に参照され、意味的情報は言語場では直接演算できないことを意味するが、意味的次元が不必要であるということの意味するものではない。統語演算は意味を演算しないが、統語から意味は見えていることを示すため、統語的述語演算理論は、時間的な長さを持つ音声的な次元と統語的な次元で構成される平面の膜の二辺を繋げて無色透明の中空の円筒にし、その円筒の両端を繋いだ閉鎖的な「ひも」の中に存在するスペクトル情報として、意味的次元を定義している。この時、この「ひも」のことをブレーンと呼称しているが、統語的述語演算理論は、言語量子は全てこの構造を持つものと考えている。その際、音声的情報がゼロの演算子のクラスも、最低量の音声的時元を持つ。そのため、音声的にゼロであっても、その存在を認識することが出来る。

(2) ブレーンに相転移中の言語的次元



統語的述語演算理論は、内部構造を持たない単体の量子のブレーンを通常位相のブレーン、演算素性によって励起されたブレーン、もしくはその励起分のポテンシャルを放出して出来る中間子、または陰素性を持つ中間子のブレーンを媒介ブレーン、並行言語場から相転移してきた量子が持つブレーンを終末ブレーンと呼んで区別している。終末ブレーンは、内部構造を閉じ込めているだけで、その他の性質は通常位相のブレーンと変わらない。そのため、相転移してきた量子は励起されていることがあり、そのため終末ブレーンも媒介ブレーンとして振る舞うこともある。しかしながら、終末ブレーンが何らかの方法で破綻し、内部の構造が露出することは理論上あり得ない。

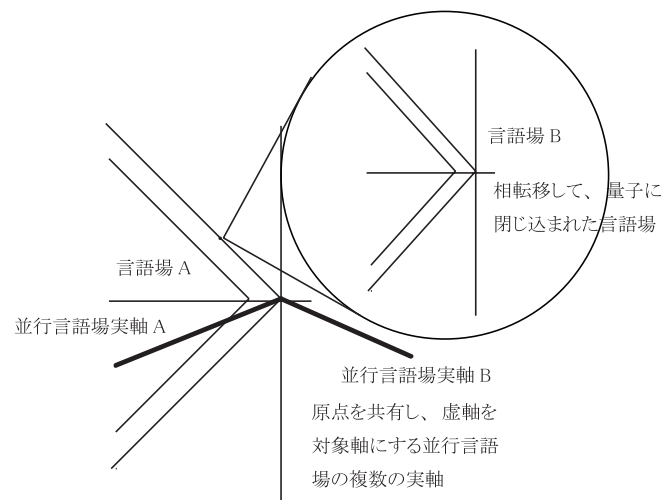
#### 2.4. 並行言語場

音声学的次元と物理的な時間が統合されて、新たに音声的時元を形成するようになったので、実軸の捉え方が変わる。時間には物理的な現象である物理的な時間と、人間の思考に存在する空想的な時間があるが、統語的述語演算理論は、音声学的な次元がその両方の種類の時間とも統合されることを妨げていないため、実際の発話が存在する現実的な実軸のほかに、複数の実軸が並行して存在することが考えられる。複数存在する実軸のうち、実際の発話が存在する実軸をこれまで通り実軸、それ以外の並行する実軸を並行実軸として区別する。また、並行実軸が存在する言語場を並行言語場と呼称する。言語場や次元は相転移出来るが、現実世界にとって観測出来る事象はただ一つで、それ以外の並行する事象は観測できない。それらの相転移前や並行する事象は、現実世界からは位相がずれた事象である。

並行実軸は、実軸とは原点と虚軸を共有するが、実軸とは重ならない形で存在する、少し方向のずれた実軸である。節や名詞類は藤内(2010)では別の言語場で演算されると仮定していたが、その別の言語場がこの並行言語場である。言語場と並行言語場は、その機能に全く差はない。また、統語的述語演算理論は言語場と並行言語場の数に制限を設けないが、その数が、人間が同時に処理出来る認識の数に相当すると考える。



## (3) 並列化され、また量子に閉じ込まれる並行言語場



並行言語場は、話者の明確な意思によって、他の並行言語場と交差する角度を変えることで、他の並行言語場と重なる。言語場同士が重なることで、ある言語場の量子は、別の言語場に、言語場自体を終末ブレーンに相転移させて遷移する。言語場の遷移は、遷移する言語場が別の言語場の一部になるため移動ではなく、痕跡を残さない。遷移する量子は、量子は内部構造を終末ブレーンで不透明化しなければ、遷移先での演算の対象となって内部構造が崩壊する。

原点特異点は、既に相転移した言語場が、相転移する前に語彙項目に存在していたことの名残であり、原点特異点を共有する全ての並行言語場はリンクされる。しかしながら、原点は言語場の座標の一つであり、原点から語彙項目へのアクセスを持たない。並行言語場とそこにある量子間の関係は、従来の束縛理論を拡充して記述する必要がある。これについては後述する。

## 2.5. 言語量子の座標

言語場上で、項、述語演算子は言語量子として、それぞれ異なる複素数で記述される導関数で記述される軌道に配位される。量子の軌道は、複素数の実部と虚部の定数がそれぞれ整数である位置を座標とし、量子はその表現する命題的意味に従い、軌道種別、軌道高度、軌道準位の各定数に昇順に従ってその座標上に配位される。中間子は実軸上に存在するが、その関数は複素数の虚部の定数が0であるものであると見做される。中間子以外の導関数は主演算関数と共役関数の二種類があり、それぞれ違いは虚部の定数の符号が正か負かの違いしかなく、正の符号を持つ関数を主演算関数、負の符号を持つ関数を共役関数としている。

主演算関数の座標も、共役演算関数の座標も、それぞれ二乗すれば同じ数値に有理化されるので、項や述語演算子は、主演算関数の座標と共役関数の座標のどちらに存在していても差異はない。統語的述語演算理論は、項や述語演算子は両方に同時に存在すると考えているが、両座標に同時に存在出来ることは、決してその量子が二つに増えたわけではなく、量子がブレーンとして主演算座標、実軸、共役座標に波動のように存在することを示している。そして波動のように存在する量子は、その位置を明確に特定する必要がある場合は、主演算関数上、もしくは共役関数上に座標を特定される。中間子は主演算関数と共役関数の区別がない代わりに、同じ座標に複数の量子が存在出来る特徴を持つ。

項や述語演算子が言語の実体を表し、中間子が言語を媒介する力を表している。

統語的述語演算理論では、名詞類と節は、元々は同じ性質の三つの素性を、それぞれ異なる量子としてその構造に閉じ込めているため、その三つの量子が演算結果として終末ブレーンを形成するという点で並行する。そのため、項演算の導関数で導かれる座標位置に分布する量子と、述語演算子のクラスや中間子の違いは、前者は量子は終末ブレーンを形成するが、後者は終末ブレーンを持たないことである。既に並行言語場で演算された量子が項の位置に配位し、初めて言語場に投入される量子はそれらを持たないので、より低位の位置に配位されると結論出来る。この定義は、統語的機能による分布位置の違いを仮定するよりも計量的である。

## 2.6. 項と付加詞とモダリティ

統語的述語演算理論は古典的な名詞類のみではなく、述語に対して主題的な役割を持つ、古典的に付加詞と考えられてきた形容詞句や副詞句、前置詞句のクラスも、項の一種と考えている。項は主演算位置と共役位置に分かれて分布する。その分布の違いは、それはそれらが持つ統語的な役割の違いに応じて区別される、と伝統的に考えられてきた。

言語の実体のうち述語演算子のクラスは、主演算位置と共役位置で役割が変わらず、主演算位置と共役位置にそれぞれある量子に対して相互作用を持つ。統語的述語演算理論は、[+Arg] 演算素性で媒介される項や伝統的な付加詞は、実軸を経て主演算位置と共役位置を振動すると考えているため、両者には理論的な違いは全くない。そこで、本稿は [Arg] 中間子に関する理論を以下のように改定する。

項や付加詞は並行言語場で演算が済んだあと、主言語場に相転移して来るが、その際項である特質のため、その終末ブレーンは励起されており、主位置・実軸・共役位置の振動の際に励起分を中間子として放出する。本稿は、藤内(2010)で見た三並列の量子化により、[+Arg] 中間子によって媒介される格照合演算を、項や付加詞だけでなくモダリティにも拡充して、[+Arg] 中間子の「質量」を区別するための因数  $n$  を付け加えて [+Arg( $n$ )] と表記する。陰素性の [-Arg] も同様に質量数を与え、質量数が合わないとは演算できないと仮定する。

[+Arg( $n$ )] および [-Arg( $n$ )] 中間子の質量数  $n$  は、語彙項目で項・付加詞・モダリティに与えられて互いを区別する状態定数  $s$  (項:  $s=1$ 、付加詞:  $s=2$ 、モダリティ:  $s=3$ ) を仮定し、 $10^8$  を越えない素数の値とする。[Arg( $n$ )] 中間子は、その質量数に関する以下の条件に従う。

1.  $s=1$  ならば主演算領域、2 ならば共役位置を、その量子のデフォルト演算位置とする。
2.  $s=3$  の量子は通常の言語場からは見えず、演算出来ない。
3.  $s=2$  の量子は、その質量が大きいため、中和されても削除される必要はない。
4. 投射原理に従い、主節主語に当たる項を媒介する [Arg( $n$ )] が、最も質量 ( $n$ ) が軽い。
5.  $s \leq 2$  の量子のみが、質量の重い順に並行言語場から相転移する。
6. [Arg( $n$ )] は、可能な限り導関数の低座標に配位されなければならない。
7. 質量数 101 を超える量子は原点特異点に配位出来ない。

そのため、項と付加詞の分布の違いは、それと相互作用を持つ中間子の質量を決定する状態定数によって決まる。

量子の座標、軌道の理論は、従来の統率理論を拡充して記述する必要がある。これについては後述する。また、 $s=3$  のモダリティ量子の特性については、後続する論文で扱うこととする。

## 2.7. 統語演算の概要

第一次相転移で、発話意図は原始的発想から言語的概念に相転移し、それを更に言語量子に相転移させる。命題構造もそれを媒介するための中間子に相転移する。言語量子は、同様に概念演算の場として語彙項目が相転移した言語場に、その固有の状態に適した中間子を伴い投入される。投入される言語場は一つとは限らない。言語量子は、中間子の媒で固有の導関数上を移動し、並行言語場を遷移し、表現意図を組み上げていく。

言語場で行われる言語演算は、言語的励起を媒介する中間子が、項や述語演算子を導関数に従って移動させることによって行われる。中間子は、項や述語演算子の励起が、量子が振動する際に実軸を通過するときに実軸に実体化する陽素性と、もともと実軸に単独で実体化する陰素性や中和素性から成り、陽素性は項や述語演算子と、陰素性は陽素性とリンクを形成する。

従来の生成文法の  $\alpha$  移動では、移動のそもそもの駆動力が何かを明確に説明することに成功していないが、統語的述語演算理論では全ての移動の駆動力は、中間子の相互反応であると説明出来る。

相互反応は、陽素性と陰素性の中和、中和素性の消滅の主に二種類があり、その他にも理論的に可能な反応が藤内(2006)で定義されている。中和反応も消滅反応も、その中間子にリンクさせている項や述語演算子の移動を伴い、そのリンクも、並行言語場の存在と、量子の振動現象によって説明出来る。言語場上の全ての演算は、何らかの数値、価数、符号の合算、減算、乗算、変換などに還元出来る。

## 2.8. 意味スペクトル

統語的述語演算理論は、量子が持つ意味的情報は、量子の統語的次元と音声的時元を構造化したブレーンの「ひも」の中に、スペクトルとして存在すると考えている。意味のスペクトルは、無色透明のブレーンを通して観測出来、量子一つ毎に話者の持ちうる全ての意味的情報へのアクセスを持つ。その意味的情報の中で、その量子が表示する全ての種類の意味実体を、不連続の輝線として表示している。ここで輝線は、その意味情報が、ゼロの連続から、または他の意味情報から明確に判別出来ることの比喩である。藤内(2009)の言語の不確定性仮説により、量子はその言語場での確定している命題演算に必要な意味情報しか、明確に持つことはできない。

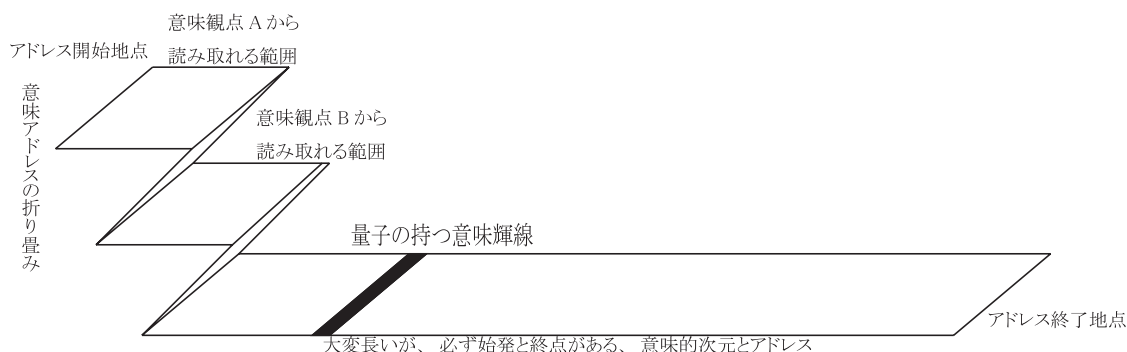
話者の持ちうる全ての意味的情報へのアクセスを、本稿では意味アドレス (semantic address) と呼称する。意味アドレスは、人間が認識しうる全ての意味の場所を指定する情報であり、全ての意味内容に固有の番地を付与して他と区別することでそれらを管理する。人間が認識しうる意味が結果として何種類あっても、それが事実上無限であるという議論が成立しようとも、閉じた環状の「ひも」の内部も事実上全長無限大であるので、全て量子の中に収納可能である。実際、人間の処理出来る意味情報量は無限大ではなく、一生のうちに処理する全ての意味情報を実数管理した場合であっても、数京から数垓のケタまでを処理できればアドレス付与は可能であり、ケタが有限でも無限でも「ひも」内部に収納出来る。

意味アドレスの上にある意味スペクトルは、アドレス上で量子が持つ意味実体が、外からの観測か



ら分かるように輝線となったもので、統語的述語演算理論は、意味実体は「ひも」の中で折り畳まれてもそれぞれの存在が明確に区別されるように、観測される意味の方向性に応じてそれぞれの輝線の属性を変えると考えている。ここでその属性を周波数帯と呼ぶことにすれば、例えばある量子が持つ概念的意味は周波数  $x$ 、直示の意味は周波数  $y$ 、無意識の意味は周波数  $z$  などとして、意味の方向性に固有の周波数が異なることによって、ある意味の方向性からは別の方向性の意味を同時認識できない、意味の多面性を説明出来る。

#### (4) 意味スペクトル模式図



統語的述語演算理論は、藤内(2010)で提案した計量テンソルを応用した表記を、言語テンソルとして意味スペクトルの表記にも使用する。本稿は意味スペクトルを、その周波数ごとにそれぞれアドレスを付与することを想定し、周波数  $\alpha$ 、アドレス  $\beta$  を次元にしたテンソルによる集合  $S_{\alpha\beta}$  として記述することとする。

#### 2.9. 言語テンソル

藤内(2010)では、言語量子は音声・統語・意味の情報をそれぞれ統合して持つものと定義されている。三種類の情報を同時に持つことと、それらを統合して持つことは意味が異なり、同時に持つだけではそれらは独立した情報であるので、それぞれの間を媒介する解釈規則の定義が必要であるが、それらを統合して持つ場合は、それらは他と区別されるのみで独立させることが出来ず、表記の方法自体を変える必要がある。

数学におけるテンソルは、内部に対称性を持ち変換演算が可能な数値の集合であるが、テンソルの多次元配列行列としての性質のみを言語学に応用すると、ある音声的情報  $x$ 、統語的情報  $y$ 、意味的情報  $z$  を持つ状態の量子を特定の指定することが出来る。そこで統語的述語演算理論では、量子の状態を記述するのに、量子を表す  $Q$  という記号にそれぞれ情報を添え字とした  $Q_{xyz}$  というテンソル表記を導入した。量子を構成する成分それ自体は必ずしも演算可能な数値ではないが、表記の方法は計量的であるので、この表記方法を言語テンソルと呼称する。

ところで、意味情報それ自体も階数 2 の言語テンソルとして記述出来ることが前節で示されており、言語量子は添え字自体にテンソルを選択する複雑な性質を持つテンソルであると言える。つまり統語的述語演算理論が記述する量子とは、テンソルの添え字によって定義される次元の状態の情報を、次元を相転移させることで統合して持つ、抽象的な実体である。これは音声的時元を除いて実体

化できず、それが内的言語と外的言語の違いを生む。

外的言語としては音声的時元を除いて実体化できないとしても、受け手話者はその音声的時元のみを入力にして送り手話者の意図をほぼ全て了解出来るのであれば、送り手話者と受け手話者の間にも、媒体の種類を問わずに言語テンソルの場が存在すると考えられる。音声的、もしくは文字的に空白なものは物理的には伝送できないので、実際には受け手話者が送られた量子の言語テンソルを再構築しているのだと思われるが、つまり会話は両者に同じ種類の言語テンソルの生成能力と再生能力が必要で、そのコードの違いが言語の違いであり、そのコードの違いを学習することが外国語教育であると考えられる。

### 3. 既存の理論への応用

#### 3.1. 語と文の定義

統語的述語演算理論が仮定する方法で言語が生成されるのであれば、語や文の定義が可能となる。一つの語はその音声的特性の有無に関わらず、一つの量子に置き換えられる。また、文とは最終的に終末ブレーンが形成されて排出されたものを言い、通常は適格な内部構造を持つ命題表現である。一語文、接辞や述語演算子のみを出力する必要があった場合などの破格文もまた、終末ブレーンを形成して、それ以後の演算がなければ文と呼称出来る。

外的言語と内的言語は、前者が後者を前提とするので、全く同じ構造を持つ。内的言語を外在化する際、話者がその一部の外在化を中止し、文の外在化が正常に終止しなかったとしても、話者の発話意図であった内的言語はそのままの構造で残るので、その終末ブレーンは外在化された最終連鎖ではなく、並行する内的言語によって保持される。終末ブレーン以下は、演算にとっては不可視であるが、発話者にとって演算履歴は全て自明であり、相転移後であってもどのブレーン内部の量子をも語として定義することも可能である。

文や語の定義は、内的構造を根拠に行われるべきである。

#### 3.2. 品詞の定義

統語的述語演算理論が仮定する方法で言語が生成されるのであれば、品詞の定義もまた可能となる。語がブレーンを持つ量子なら、古典的な定義によれば、品詞とは量子の種類である。量子は言語学的な次元が相転移しブレーンを形成したもので、それ以下の構造を考えることが出来ない素量子(basic quantum)と、素量子が結合した複合量子があり、それぞれに何らかの名辞を与え、品詞として分類出来る。素量子とは、全ての種類の間量子、全ての種類の述語演算子、命題を構成する語彙量子N量子、A量子、V量子である。複合量子とは、終末ブレーンが媒介する項、節、文である。語彙的前置詞は、 $s=2$ の $[Arg(n)]$ 中間子が消滅せずに残ったもので、語彙的副詞はA量子が共役演算領域で斜格を表示されたものである。

統語的述語演算理論では、これらの量子はスカラー、行列、テンソルなどで表される量子状態を持ち、その数値の違いによって区別される。従って品詞は、量子の名辞に依らず、状態を示すこれらの数値の違いによって定義されるべきである。量子の状態を示す変数は、主に(1)それがどのような状態準位であるか、または(2)項や文が終末ブレーンを形成するのに必要なCMY素性の内どれを持つか、もしくは持たないか、および(3)どの演算素性を媒介するか、もしくは全く演算素性を媒介しない

いか、などによって決定される。例えば

- (5) a. He is a student.  
b. She loves her student.
- (6) a. She is famous.  
b. She is a famous critic.

(5a) の a student は古典的な品詞では名詞であるが、統語的述語演算理論では述語であり、(5b) では her student は項であるとみなす。また、(6a) の famous は古典的な品詞では叙述用法の形容詞であるが、統語的述語演算理論では述語、(6b) は限定用法の形容詞であるが、統語的述語演算理論では D 素性から継承した C 素性を持つ項の一部である、というように別の状態変数を持つ。しかしながら、上記 (1)、(2)、(3) 単独では、量子の状態全てを記述できない。

そこで上記の三つの状態変数を次元とする、階数 3 の量子状態テンソル、 $Q_{abc}$  で品詞を記述する。第一の変数 a は、量子の状態準位を通し番号で表したもので、導関数の準位昇順に、その量子が中間子である場合 1、項や述語演算子である場合 2、項である場合 3、複合量子の場合は合計値を表示する。この変数は量子の状態準位を表すので、変異しないため演算の対象ではないが、量子の崩壊を記述するために、二項数で表される場合がある。この状態変数が 3+1 の場合、この量子は項と中間子に崩壊する。崩壊の結果できた中間子は、その他の変数を対生成した項と同じくする。

第 2 の変数 b は、命題を形成するのに必要な三素性のどれを持つかを表すもので、三素性の演算の形態から、合算演算の対象となるそれぞれ正の素数である。CMY 素性の中で何も持たない場合 0、C 素性を持つ場合 2、M 素性を持つ場合 3、Y 素性を持つ場合 5、複数持つ場合は合計値を表示する。

第 3 の変数である演算素性の種別 c は、何も媒介しない場合は 0、各演算素性の種類に応じて固有の素数の数値  $p$  を表示<sup>(注)</sup>し、2つのものがかけ合わさって一つになる演算の性質から、乗算による演算の対象となる。数値の符号は素性が + ならば正、- ならば負、中和素性は両者の積  $-p^2$  であるとする。この変数は、陽素性と陰素性の中和は負の数の積を求め、中和素性の削除演算ではその素性値を更に二乗して正の整数値となる。そのため、中和演算では元の素性値の二乗、中和素性削除の際は元の素性値の四乗の数値が求められる。演算素性の持つ固有の状態値は必ず素数なので、先に仮定した演算の結果として状態変数値の重複は一切あり得ない。

統語的述語演算理論の統語演算は、基本的には 0 か 1 か素数で表される演算素性の状態定数や変数の演算である。演算結果は演算されるそれぞれの量子で共有される。最終的に外在化される言語場に正の実数値以外の演算素性状態変数があるとはならないと仮定すれば、全ての量子の振る舞いを最も簡潔に説明出来る。

藤内 (2010) で仮定した量子の励起状態とは、項が相転移で主言語場に遷移したときに、媒介プレーンを持っている状態、または未だに演算されていない中間子とリンクされている状態である。後者の状態は、演算素性が  $p^n$  において  $n < 4$  (ただし  $n$  は整数、 $p$  は演算素性を表す固有の素数) の状態であり、前者の状態は、項の状態準位が二項数である状態であるので、前述の状態変数によって説明出来る。この理論は、他の状態定数・変数の影響を考慮に入れ、今後精緻化される必要がある。

### 3.3. 語彙目録と句構造

句構造は、生成文法の標準理論では、句構造規則に従って生成されていた。句構造が X-bar 理論に置き換わってからも、句構造はモジュール化された各規則の定めに従う形で、一体一連のものが生成されていた。極小主義生成文法では、句構造は範疇ごとに最大投射まで必要なもののみが組み上がったから、演算機構に投入されているが、統語的述語演算理論の仮定する並行言語場は、その量子毎の構造決定のメカニズムを説明するものである。しかしながら、極小主義生成文法であっても、構造決定に必要とされているのは共通の語彙目録と共有された演算機構であった。

統語的述語演算理論が仮定する方法で言語が生成されるのであれば、共有されるのは語彙目録のみで、極小主義で演算機構と呼ばれている場合は、複数並行して存在する並行言語場に置き換わる。並行言語場群は全てが同じではなく、最終的に一つの言語場に演算結果が収束するが、その言語場をデフォルトの言語場、主言語場と呼称する。発話意思に応じた意味実体が、語彙目録の中で音声的時元と統語的次元に含まれる情報を相転移させたブレーンに閉じ込まれる。ブレーンは、それを統語的に媒介する中間子とともに、語彙目録で想定された順番で、それぞれの導関数に従う任意の座標に相転移する。

並行言語場群にとって、他の並行言語場との節点の特異点である原点である。並行言語場は主言語場の任意の座標へのリンクを持っている。語彙目録からの相転移は、媒介する中間子が選択する言語場へ行われる。並行言語場での演算は、語彙目録で想定された座標に、主言語場で演算できない構造の量子が配位されなければならない場合にのみ行われる。別の言語場から相転移しなければならない演算は、名詞類の項と命題項、等位もしくは従位接続される節、関係節など、終末ブレーンが閉じ込めているブレーンである。並行演算が必要な場合、それらの量子が配位される座標とのリンクを伴った並行言語場が、主言語場から位相をずらして相転移し、そこで別途構造が演算される。

他の言語場に遷移する際は、並行言語場は主言語場と交差する。並行言語場で一旦演算の終了した構造は、遷移する際に並行言語場それ自体を相転移させて終末ブレーンを形成し、演算素性を媒介する中間子とともに、リンクで繋がった主言語場の任意の座標に遷移する。

演算が終わると、言語場は新規に構築される場合もあれば、前の主言語場が引き続き演算に再利用される場合もある。主言語場が再利用されることによって、後続の談話が既出の談話に対して入力を持ち、単独で用いられている代名詞の先行詞を、前述の談話に求めることが可能となる。その際、継続的な談話の情報は、言語場で唯一他の並行言語場に共有される原点特異点に蓄積されると考えられる。これについては後述する。

### 3.4. 構成素統御

#### 3.4.1. 統率

##### 3.4.1.1. 主格・対格・与格・斜格

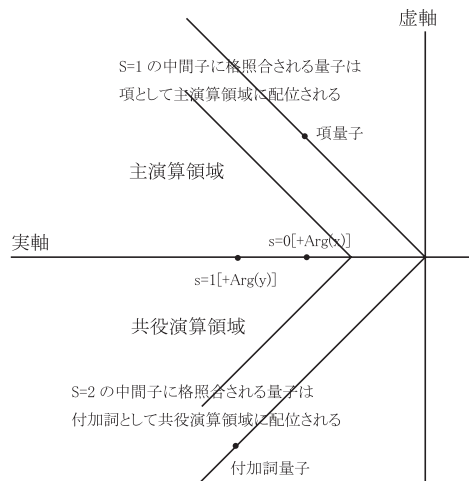
構成素統御は、形式的な構成素の上下関係で定義される支配・被支配の関係を表したものである。統率や束縛は、その構成素統御の関係が成立する場合に成立する統語関係である。ところで、従来これらの関係が成立していた統語関係が、統語的述語演算理論では並行言語場で記述されるようになり、修正が必要である。

統語的述語演算理論では、量子は何らかの対になる中間子と共に言語場に配位される。同軸線上に

対生成される量子と中間子の上下関係を構成素統御と捉えるのであれば、構成素統御の動機は既に語彙項目の中に存在することになる。関数上の座標が前後である、移動される量子とその痕跡の関係を構成素統御と捉えるのであれば、その関係は言語場上である。つまり、構成素統御は語彙項目内部で動機を持ち、言語場上で明確に具現する関係である。

かつては統率の関係で定義されていた格付与、ないし格照合も、統語的述語演算理論では格照合子の媒で成り立つと考えている。しかしながら、その同軸上の上下関係は、 $[Arg]$  の質量を決定する状態定数  $s$  によって規定されており、 $s=1$  ならば主演算領域で主格か対格を照合し、 $s=2$  ならば共役領域で与格か斜格を照合する。

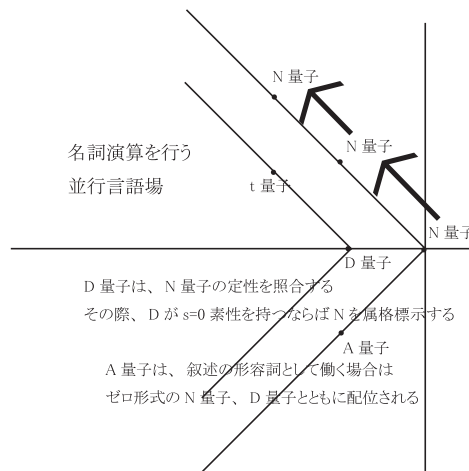
(7)  $S=1$ 、 $S=2$  の量子の格照合模式図



### 3. 4. 1. 2. 属格

演算子の形態にも変化がある属格の標示は、並行言語場で  $N$  量子の演算中に行われ、その名詞句それ自体の格演算に影響を与えないように、 $D$  が持つ格素性は  $s=0$  と考える。

(8) 並行言語場における項の演算模式図





しかしながら、D 量子と相互作用する N 量子は、常に属格表示されているわけではない。全ての D 量子は、自らの C 素性を N 量子の M 素性を合算する演算を行うが、 $s=0$  の [Arg] 中間子は随意的な中間子で、 $s=0$  の [Arg] に媒介された場合の解が属格標示である。D 量子にとって  $s=0$  の [Arg] 中間子が随意的である理由は、実際には D 量子が単一の素量子ではなく、量子状態テンソルに未知の状態を表す次元があり、述語演算子と完全に並行しない、と藤内(2007)の理論を拡充する。項内部の D 量子と t 量子は量子状態  $a=2$  の項演算子であるが、未知の量子状態によって述語演算子と区別される。未知の量子状態は、演算を受ける並行言語場の状態定数  $d$  で、主言語場で 0、並行言語場群は、位相が主言語場に近いものから 1、2... となる。 $d=0$  の時に演算子は述語を演算し、 $d \geq 1$  の時に項を演算する。 $d \geq 1$  の時に次元  $c$  が表す固有の素数値によって、D 量子は古典的な代名詞類のそれぞれのクラスに分類され、 $s=0$  の [Arg] 中間子は  $c$  の値によって存在の有無が異なると考えられる。

本稿は、D 量子が  $s=0$  の [Arg] 中間子に媒介される必要がなくとも、N 量子が配位される座標に、名詞演算子  $v$  を常に配位すると仮定する。 $v$  演算子は、D 量子の状態変数  $c$  の値によって状態が異なる。この仮定は、項内部の CMY 素性の媒介量子を維持し、D 量子群の演算課程を並行にし、更に代名詞類が先行詞を持つ現象、不定代名詞の統語的特異性、所有代名詞の形成過程などに応用が可能である。

人称代名詞や指示代名詞は、音声表示を持たない名詞的  $v$  演算子を配位し、 $v$  演算子の先行詞を自らの先行詞にする。再帰代名詞と不定代名詞では、音声表示がある  $v$  演算子である接辞と演算が行われる。再帰代名詞は、 $s=0$  の [Arg] 中間子に媒介される D 量子が、照応形である  $v$  演算子  $-self$  を配位して、照応形の性質を継承する。不定代名詞は、数量詞系 D 量子が、不定指示の  $v$  演算子接辞を配位する。所有代名詞では、音声表示のない  $v$  演算子との演算によって、 $s=0$  の [Arg] 中間子に媒介される D 量子が単体で代名詞として働くように見える。

共役位置にある A 量子は、N 量子とリンクを持つことが出来、N 量子が (1,1) に移動した後、その後の移動に随伴するが、 $v$  演算子では振る舞いが異なる。A 量子は、 $v$  演算子の状態によっては共起することが出来ず、選択されない。この理論が、代名詞類に修飾語がない現象を説明する。また、D 量子が次の Y 素性の演算のために移動する際、N 量子は A 量子と共に移動するが、 $v$  演算子は A 量子とリンクしないため、A 量子は移動しない。この理論は、形容詞による不定代名詞の後置修飾を説明する。

### 3.4.2. 束縛

束縛関係は、構成素統御の関係に同一指標標示を組み合わせたものである。束縛関係にある構成素は、統語的述語演算理論においては量子では、統語構造の上で  $c$  統御の関係にあり、かつ同一指標を持っている。同一指標付与は、単に同一指示であるという関係と、 $\alpha$  移動の結果生じる構成素とその痕跡の間関係があり、前者は語彙項目内部、後者は言語場における相互関係である。これもまた、語彙項目内部で動機を持ち、言語場上で明確に具現する関係である。

項の移動や述語演算子の移動は、同じ導関数の上を、関数軌道をなぞるという点で共通する。それらの量子の移動経路は、これまでは一つの連鎖をなすと考えられてきたが、統語的述語演算理論においては量子自体が波動を持つので、単一の量子の移動経路を帯と捉え、その帯が波動を持つと理論を拡充する。束縛理論と空範疇原理は、その波動帯の区別の理論としての一面を持つ。

照応形とその先行詞の関係は、語彙目録内部で既に同じ指標が与えられた 2 つの量子の統御関係で

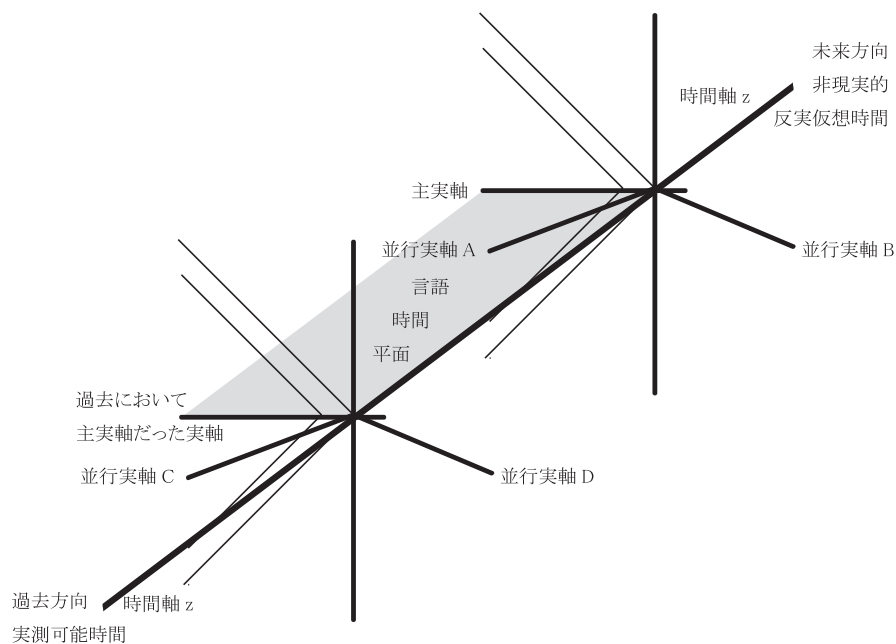
ある。原理と媒介変項のアプローチ以降の生成文法では、先行詞と照応形の間に適切な束縛関係が成立すれば適格文であると説明出来るが、同一指示が成立するのは派生の上での必然ではなく、移動痕跡を含む照応形は適切に束縛されていれば適格であると定めているだけである。

統語的述語演算理論では、照応形を含む発話を演算することを企画する場合、照応形もその先行詞もそれぞれ別の並行言語場で演算される。量子の相転移後には、従来の束縛関係が成立する必要があるので、並行言語場で演算されている状態から、相転移の順番を支配する束縛関係が成立すると考えられる。ところで並行言語場理論は、任意の言語場に保存される情報によって、談話を超えて代名詞がその先行詞を特定されると考えているが、言語場間に働く同一指示関係を束縛の条件に用いれば、代名詞は言語場を超えて束縛されることになる。そこで、並行言語場理論に合った束縛理論を定義する必要がある。

本稿は、並行言語場の主言語場との位相のずれを、二種類の方法で定義する。一つ目は、並行言語場群が原点を直接共有するもので、量子状態定数  $d$  により位相のずれを、主言語場を基準として近い順に 1 から通し番号で表される。この位相のずれを共時的位相変動 (synchronic phase shift) と呼ぶ。共時的位相変動は、文を 1 つ生成する際に原点を直接共有する並行言語場の集合であり、位相がずれている角度以外に、主言語場のどの座標にリンクされているかの固有の素性を持っている。

もう一つの位相のずれは、物理的な時間差である。本稿は音声的時元の時間の情報を拡充し、時間軸  $z$  として独立させる。独立した時間軸は、音声的時元と言語時間平面を形成するとともに、三次元言語場を構築する。時間軸  $z$  は、これまでに経過してきた実際の時間のみではなく、空想上の時間もまた表示することが出来なければならない。そこで、これまで計時した時間を実数の時間で過去の方に、空想上の時間を虚数の時間で未来方向に表示するものとする。

(9) 並行言語場の位相変動の模式図



発話時に、言語時間平面上に、談話を引き継ぐ場合は前の主言語場の複製を、談話が途切れる場合は新しい主言語場を配置するが、それらは同一の言語時間平面上にあるため、新しい主言語場は、談話を複数超えてもそれ以前の如何なる並行言語場の情報にもアクセス出来る。この位相のずれは経時的位相変動 (diachronic phase shift) と呼ばれ、経時的に複数の並行言語場のシステムが存在する。

この新しくなった言語場の位相変動理論によって、統語的述語演算理論は従来の束縛理論を以下のように再定義する。

#### (10) 位相変異言語場における束縛理論

- a. 照応形は、共時的に束縛されていなければならない。
- b. 代名詞は、経時的に束縛されていても良い。
- c. R 表現は、派生の全ての段階で束縛されてはならない。

量子の存在する言語場を表す状態定数  $d$  は、この位相変動理論においては、 $a+bi$  の複素数で表されると、理論を更に拡充する。 $a=1$  の時に共時的並行言語場、 $2$  の時に経時的並行言語場に量子がある。また、 $b=0$  の時に項、 $b \geq 1$  の時は主言語場の述語演算子、 $b \leq -1$  ならば並行言語場の項演算子、と分布が異なる。また、 $a$  の符号が正ならば直説法、負ならば接続法を表す。

並行言語場間のリンクと位相のずれは、PRO の先行詞決定の理論であるコントロール理論にも影響を持つ。統率も束縛もされない PRO の特性は、格照合を行わない  $[\text{Arg}(n)]$  中間子を仮定し、PRO が束縛条件 (10a) に従うと考えれば、統語的述語演算理論で記述することが可能である。格照合を行わない  $[\text{Arg}(n)]$  中間子については後述する。

### 3.5. 障壁理論

生成文法の障壁理論は、語彙範疇による L 表示の有無を動機に、L 標示がない階層に固有障壁を生じ、その階層以下の構成素の取り出しを規制する理論である。これは古典的に島の規則と呼ばれる現象を説明する下接の条件を、原理的に説明するための理論でもあった。島は伝統的には文頭に wh 句を持つ wh 節、文主語、関係代名詞や同格節を伴う複合名詞句、付加詞などがあり、それらから構成素を抜き出すことが出来ないという趣旨の現象である。

統語的述語演算理論では、これらの島は全て終末ブレーンを持つ。終末ブレーン自体はそれ以下の構造に対するインターフェイスとして働くことが出来るが、それ以下の構造に対する直接的なアクセスを阻止すると規定している。そのため、これらの島からの要素の直接的な取り出しは理論上不可能である。

ところで、下接の条件に適合する形で、複合構造から要素の取り出しが可能に見える例があり、また、障壁理論が想定する障壁を超えて直接対格表示が可能に見える、例外的格標示構文もまた存在する。

(11) a. What do you think that John said that you had eaten?

b. John believed Bill to be sad.

この現象は、統語的述語演算理論では、伝統的に格標示が不要な項である命題節の、[Arg] 演算子の処理方法を明確にすれば解決出来る。補文を含んだ節、形容詞節や名詞節を含んだ名詞句では、終末ブレーンが一旦構成されて相転移した量子を、更に終末ブレーンが閉じ込む構造を取る。その際に閉じ込まれる終末ブレーン A から、それを閉じ込む終末ブレーン B に、A 内部の情報が正しく伝達されるためには、一度 B 内部の任意の量子に A の情報が伝わる必要がある。その際それを媒介するのは、質量 0 の [Arg] 中間子、[Arg(0)] であると仮定する。

[Arg(0)] 中間子は質量がないため、その派生時点までの節の演算結果を、演算済素性の集合 A と過不足素性の集合 B の二項数で表示するため、演算が未了であっても媒介する。媒介される節は複合量子なので、原則的に他の項より先に言語場を遷移する。[Arg(0)] 中間子は節の格演算を相殺すると共に、統語演算で消滅する必要がなく、それが媒介する量子を励起させることもない。また、他の [Arg(n)] 中間子と共起し、その作用に対して透明であるとする。

[Arg(0)] 中間子はインターフェイスとなる終末ブレーンを形成し、内部の演算結果は終末ブレーンに媒介される。内部の演算結果は相転移先からは見えない。通常は内部の演算結果は適格だが、空演算子などがあれば相転移時には不適格である。しかし、演算上の破綻処理は、[Arg(0)] 中間子の作用で [Arg(0)] 媒介節と直接共起する別の量子の演算結果に繰り上がっている。

[Arg(0)] 中間子自体には量子の励起作用はないので、[Arg(0)] 中間子だけではどの演算も起こらない。演算結果に不足がある量子 A と、余剰がある量子 B が、別の演算によって同軸配位された場合のみ、[Arg(0)] 中間子の作用で A の不足が B に伝わって、A と B の演算収支を最終的にゼロとする。最終的に [Arg(0)] によって媒介されない主節において、演算は集束するか破綻する。

(11a) では、[that you had eaten] 量子は said の内容節としては演算されても、eaten 量子の目的語が不足していることは充たせない。ところで最終的に 1 つ余分な要素を持つ [what do you think] 量子は、think 量子が任意の量子と演算を完了しないと破綻するが、[that John said that you had eaten] 量子を演算して、think 量子は安定すると同時に、what 量子は [Arg(0)] 中間子に媒介されて、演算収支がゼロとなる。

(11b) では、見た目の統語的特徴に反し、目的語が必ず名詞句でなければならない believe 量子は、その目的語に格照合子と空演算子を配位する。音声表示がある名詞句主語に格がない [Bill to be sad] 量子の持つ [Arg(0)] 中間子は、その作用によって遷移先同軸上の空演算子の先行詞演算を充たし、かつ Bill 量子の格演算も充たし、両者に統語的過不足がないように演算する。

質量 0 の [Arg(0)] 中間子は、節を媒介する以外にコントロール理論で扱う PRO の媒介にも用いられる。PRO は統率も束縛もされない範疇として定義されているが、統語的述語演算理論では、格演算がなく、経時的に束縛されても良い量子であると定義できる。[Arg(0)] 中間子は、節のときと同じように PRO の格演算を相殺する働きをするが、励起されていないのでそれ以上の演算を媒介しない。

### 3. 6. 派生例

The woman knows that she was followed by a detective. という文を例に、その派生を紹介する。原始的発想が第一次相転移し、以下のように前提となる命題構造と言語量子が生成される。

(12)

a.  $[_{PROP3} [_T -s] [_{PROP1} [_{PRED} \phi] [_{Arg(2)} \text{The woman}] [_v \text{know}] [_{Arg(0)} X]]]$ b.  $X = [_{PROP3} -ed [_{PROP1} [_{PRED} \text{be}] [_{Arg(2)} \text{she}] [_v \text{followed}] [_{Adjunct} \text{by} [_{Arg(11)} \text{a detective}]]]]]$ 

主言語場で演算される命題述語 know の補部に命題変項 X を置き、X は並行言語場で演算される。それとは別に、the woman、she、a detective もまた、別の並行言語場で演算され、それぞれ  $[Arg(n)]$  中間子に媒介されて、他の言語場に遷移する。the woman と she の質量数は同じであるが、両者は経時的に並行する言語場に存在するので、演算に支障はない。

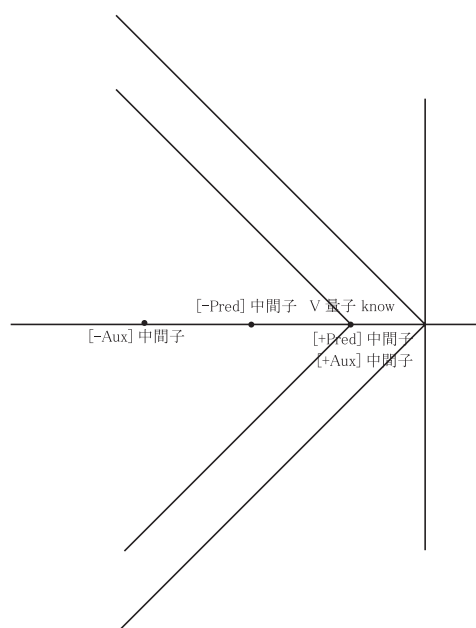
命題構造が第二次相転移し、陽と陰の演算素性に分かれる。陽素性は項や付加詞を媒介し、それぞれの言語場に投入する。命題は、主節を演算する共時的並行言語場群と、補文を演算する経時的並行言語場群に分かれ、前者は二つの言語場が、後者は三つの言語場が並行する。

(13) 第二次相転移

a. 共時的並行言語場群

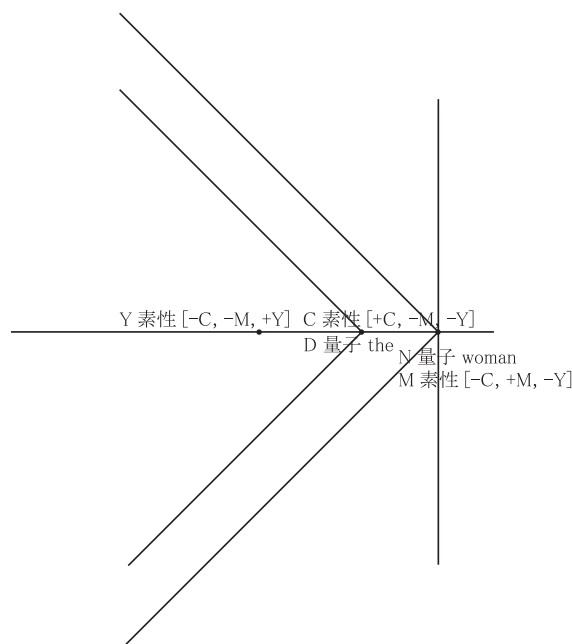
1. 主言語場

主節述語と項の格素性の演算を行う。



2. 並行言語場

主節主語の CMY 素性の演算を行う。

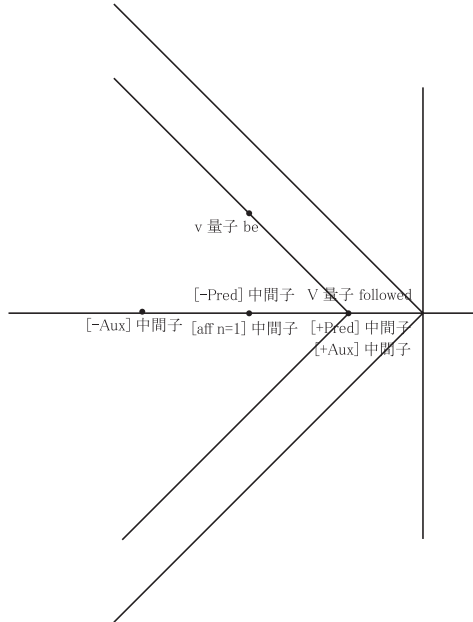




## b. 経時的並行言語場群

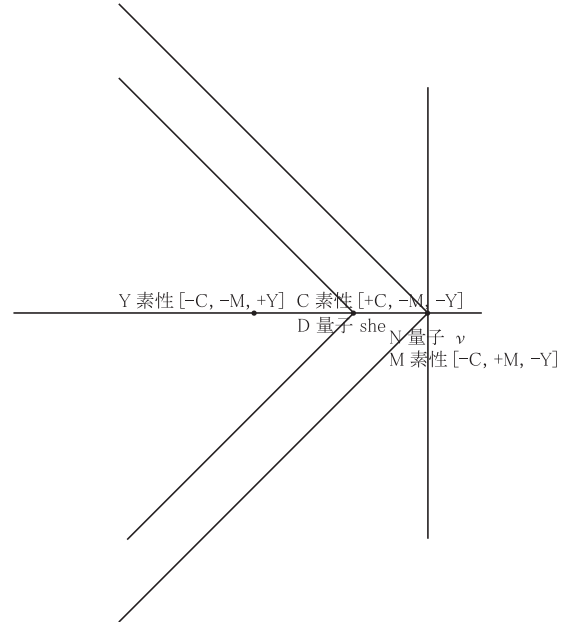
### 1. 並行言語場 1

内容節述語と項の格素性の演算を行う。



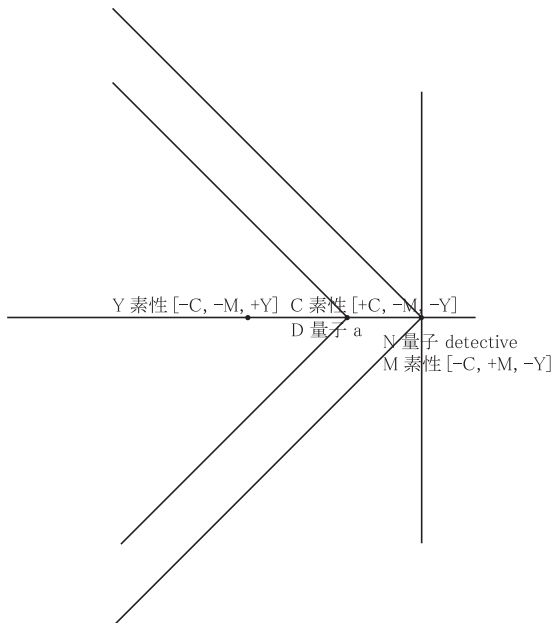
### 2. 並行言語場 2

内容節主語の人称代名詞を、通常名詞と並行して演算する。



### 3. 並行言語場 3

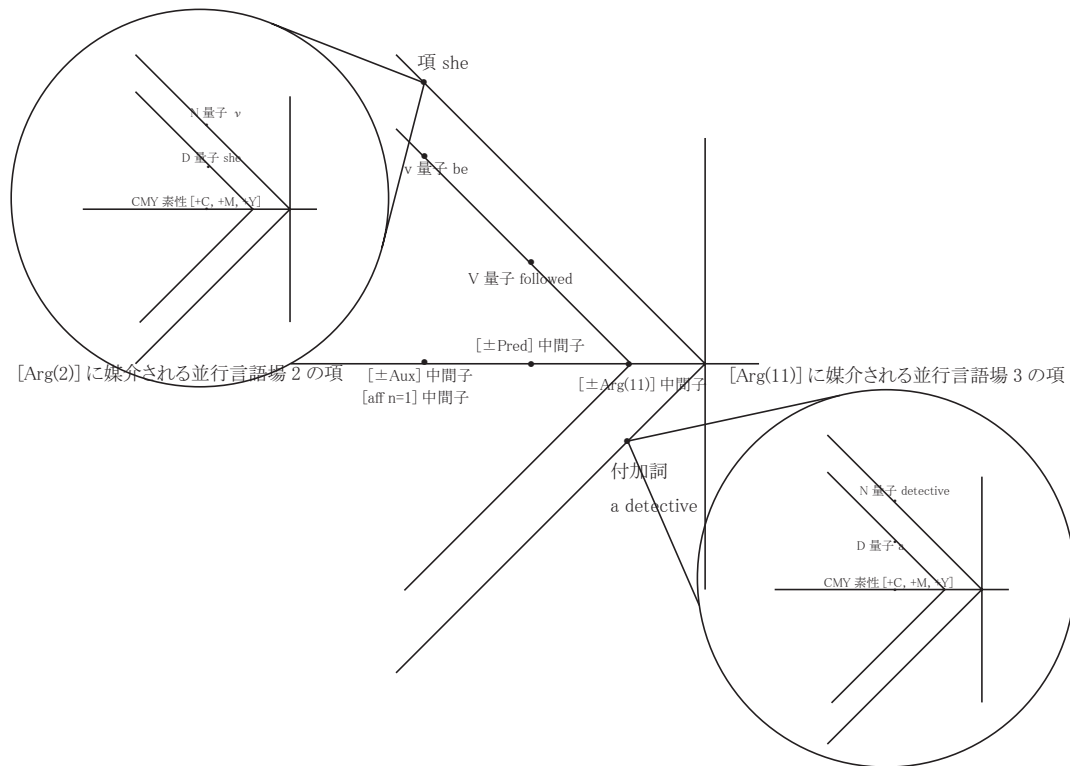
内容節主語の CMY 素性の演算を行う。



演算終了後、言語場収束のための相転移が開始する。まず経時的並行言語場で、付加詞、項の順番で並行言語場が重なり、[Arg(n)] 中間子に媒介されて1つの言語場に収束する。

## (14) 経時的並行言語場収束

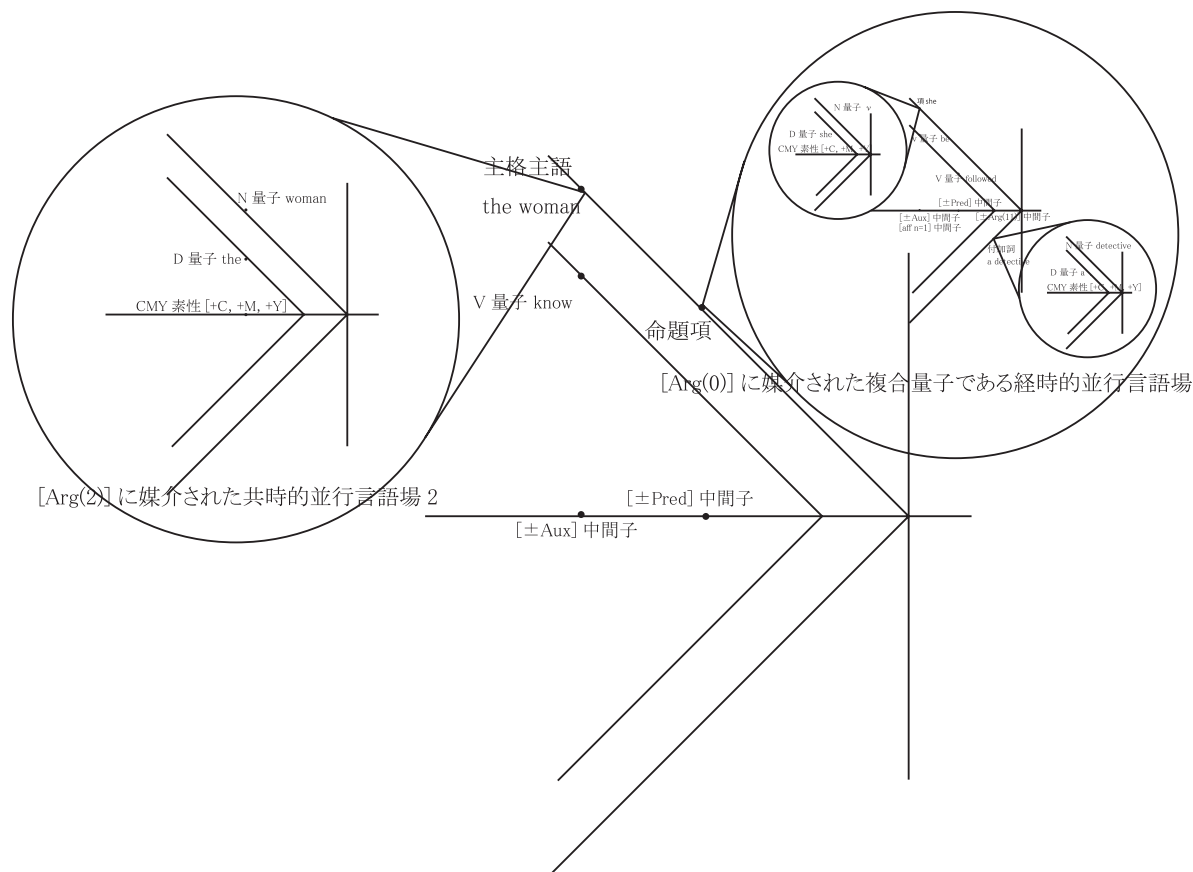
[Arg(11)] に媒介される並行言語場 3 の項、[Arg(2)] に媒介される並行言語場 2 の項の順番に、並行言語場 1 に相転移し、述語演算子による演算を受ける。



収束した経時的並行言語場は、次に共時的並行言語場に重なって、[Arg(0)] に媒介されて主言語場に遷移する。最後に共時的並行言語場が重なり、[Arg(2)] に媒介された主節主語が遷移した後、派生は全て収束する。

#### (15) 最終形態

[Arg(0)] に媒介された複合量子である経時的並行言語場、[Arg(2)] に媒介された共時的並行言語場 2 の順に相転移して、述語演算子による演算を受ける。この文自体も最終的に相転移して、文単体として認識されるようになる。



#### 4. まとめ

統語的述語演算理論は、より洗練された量子理論と、位相変動する並行言語場理論によって、言語の意味を含めた現象をより計量的に記述することが可能となった。統語的述語演算理論に残っているのは、モダリティ演算の理論化であり、今後継続する研究対象とする。

#### 注

1. [aff] 素性と [def] 素性は、素性の質量が加算によって増加していくが、量子の種別は変化しないので、例外である。

#### 参考文献

- Chomsky, N.(1975), "The Logical Structure of Linguistic Theory," Plenum
- Chomsky, N.(1981), "Lectures on Government and Binding, the Pisa Lectures," Mouton de gruyter
- Chomsky, N.(1991), "Some Notes on Economy of Derivation and Representation," in Freidin (ed.)(1991), Principles and Parameters in Comparative Grammar, 417-54.MIT Press.
- Chomsky, N. (1995), The Minimalist Program. MIT Press.

- 
- 藤内則光 (1996), 英語の命題表現の意味と構造, 修士論文, 北九州大学大学院外国語学研究科
- 藤内則光 (2004), 「叙述の be 動詞の統語的特異性・再考」, 59-73, 長崎外大論叢第 8 号
- 藤内則光 (2006), 「統語的述語演算理論とその応用」, 209-229, 長崎外大論叢第 10 号
- 藤内則光 (2007), 「統語的述語演算理論と項構造への応用」, 123-140, 長崎外大論叢第 11 号
- 藤内則光 (2008), 「統語的述語演算理論の付加詞構造への応用」, 85-102 長崎外大論叢第 12 号
- 藤内則光 (2009), 「統語的述語演算理論の接続詞への応用」, 145-158, 長崎外大論叢第 13 号
- 藤内則光 (2010), 「統語的述語演算理論の物理学的・幾何学的応用」, 167-180, 長崎外大論叢第 14 号
- 中右 実 (1994), 『認知意味論の原理』大修館書店

